

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ

**Автор: Евгений УЛЬЯНОВ**

Технический Университет Молдовы

**Резюме:** Целью данной работы является исследование и анализ методов сейсмозащиты зданий и сооружений, а также доказательство применения одного из методов на территории Республики Молдова. В данном исследовании описаны разрушающие факторы сейсмических волн и методы защиты от них.

**Ключевые слова:** Сейсмозащита, сейсмическая волна, сейсмический барьер, распространение упругой волны.

Современные конструктивные системы сейсмостойких зданий обеспечивают приемлемый уровень сейсмостойкости, позволяющий зданиям и сооружениям во многих случаях благополучно переносить землетрясения расчетной интенсивности. В то же время, известны случаи, когда сооружения, оборудованные системами сейсмозащиты, разрушались при действии расчетных сейсмических нагрузок. Примером может служить землетрясение магнитудой 6.9 баллов по шкале Рихтера, произошедшее в 1995г. в г. Кобэ (Япония), когда почти 180000 зданий, были разрушены. Это заставляет задуматься о разработке альтернативных методов сейсмозащиты.

Необходимость поиска альтернативных систем сейсмозащиты диктуется также тем, что многие уникальные здания, исторические памятники архитектуры, а также атомные и тепловые электростанции находятся в сейсмически опасных районах, а их конструктивные особенности в определенных случаях не позволяют оснащать их эффективными системами сейсмозащиты. В такой ситуации возникает необходимость защиты области, занимаемой зданием или группой зданий от сейсмических волн. Одним из способов решения проблемы является создание сейсмических барьеров, окружающих объекты и препятствующих прохождению волны к ним.

На основании проведенного исследования можно определить сильные и слабые стороны методов сейсмозащиты и те направления деятельности, которые стоит более глубоко изучить в для применения в РМ.

Основные цели дипломной работы:

- Обзор существующих методов сейсмической защиты;
- Определение технико-экономической целесообразности применения;
- Сравнение наиболее распространенных методов.

Более частные задачи дипломной работы:

- Анализ разрушающего фактора сейсмической волны;
- Выявление наиболее опасных ее составляющих;
- Определение области применения сейсмической защиты;
- Численное доказательство эффективности выбранного метода;
- Определение положительных и отрицательных сторон выбранных систем сейсмозащиты.

## 1. Сейсмические волны

Традиционные методы защиты сооружений от сейсмических и внешних вибрационных воздействий условно могут быть разделены на две группы:

- 1) защита от проникновения акустических поверхностных волн Рэлея и Лява, как несущих основную часть сейсмической энергии, к защищаемым объектам;
- 2) конструктивные решения, направленные на создание сейсмостойких сооружений.

Тематика исследований связана с направлениями в первой группе методов. В то время как вторая группа методов содержит множество различных методов и решений, первая группа включает в себя значительно меньше публикаций.

Волны Рэлея (R-волны), возникающие при динамических воздействиях на поверхности упругих тел, которые открыл более века назад британский физик и механик Джон Уильям Стретт, Лорд Рэлей. Могут существовать в твердом теле вблизи его свободной поверхности. Фазовая скорость таких волн направлена параллельно поверхности, а колеблющиеся вблизи неё частицы среды имеют как поперечную, перпендикулярную поверхности, так и продольную составляющие вектора смещения. Эти частицы описывают при своих колебаниях эллиптические траектории в плоскости, перпендикулярной поверхности. Амплитуды продольных и поперечных колебаний уменьшаются по мере удаления от поверхности вглубь среды по экспоненциальным законам с различными коэффициентами затухания.

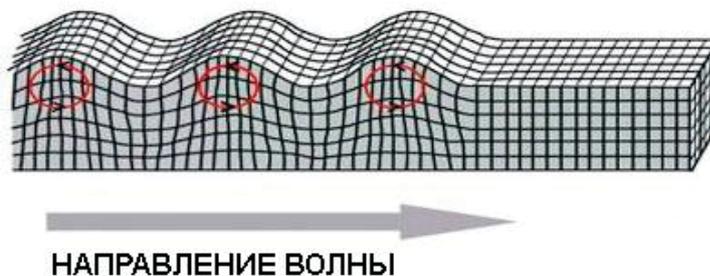


Рис.1 Поверхностная волна Рэлея

Волны Лява ( $L_q$ ) – еще один тип поверхностных волн. Такие волны существуют в слоистых средах. Например, это может быть однородный слой пониженной скорости в однородном полупространстве. В распространяющихся волнах Лява частицы земной поверхности совершают обратно-поступательные движения в перпендикулярном направлении распространения волны (рис. 2.), но только в горизонтальной плоскости, вертикальная составляющая у них отсутствует.

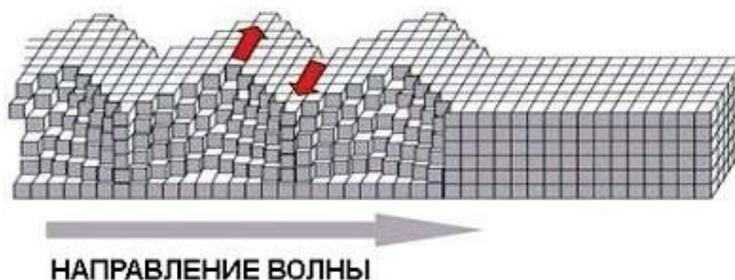


Рис.2 Поверхностная волна Лява

## 2. Типы сейсмических барьеров

Вертикальные барьеры. Для защиты от объемных волн наиболее эффективными являлись бы пустые траншеи, или траншеи, засыпанные материалом, быстрая акустическая волна которого существенно медленнее волн в окружающем грунте. Однако, при распространении рэлеевских волн наблюдается обтекание волной пустой траншеи.

Для достижения поставленной цели в экране для защиты зданий, сооружений от сейсмических воздействий, включающем расположенную вокруг здания, сооружения погруженную в грунт оболочку, выполненную из соединенных своими концевыми участками и обращенных выпуклостями навстречу колебаниям железобетонных секций, каждая секция оболочки выполнена Л-образной формы, при этом масса грунта, заключенная внутри оболочки, равна массе здания, сооружения.

Поэтому барьеры выполняют из железобетона. Надо отметить, что этот тип барьеров наиболее часто встречается в практике защиты от антропогенных сейсмических волн, вызванных проезжающим транспортом, взрывными работами и т.п.



Рис.3 Вертикальный барьер.

Горизонтальные барьеры. На практике горизонтальный барьер – это поверхностный слой с модифицированными свойствами. Модификация свойств может достигаться различными методами. Один из таких очевидных методов – создание слоя с заданными свойствами. Этот тип барьеров основан на применении теоремы Chadwick (1977).

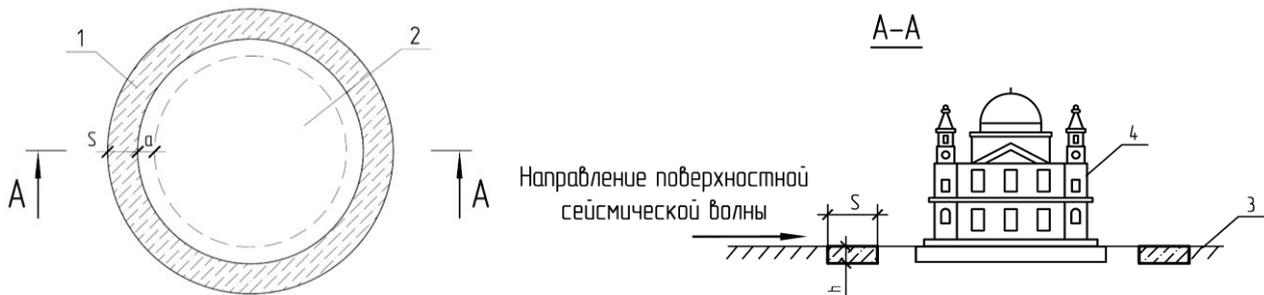


Рис.4 Горизонтальный барьер.

1 – барьер, 2 – защищаемая территория, 3 –поверхностный слой грунта, 4 – существующее здание

Дискретные барьеры. Для создания такого барьера предлагается использовать круговые сваи большого диаметра, состоящие из концентрических слоев с контрастными свойствами. Основная функция такого барьера – рассеивать энергию сейсмических волн. По-видимому, впервые барьеры такого типа были применены при строительстве опор мостов Васко-Да-Гама (Португалия) и Рион-Антирион (Греция).

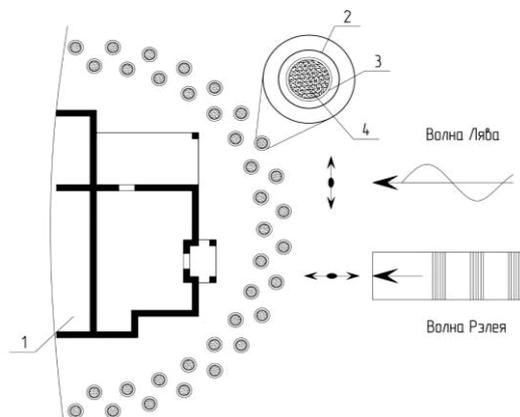


Рис.5 Дискретный барьер. Общий вид.

1 – защищаемое здание, 2 – скважина, 3 – эластичная оболочка, 4 – защитный материал

Ниже представлен график изменения ускорения волны в зависимости от ширины дискретного барьера.

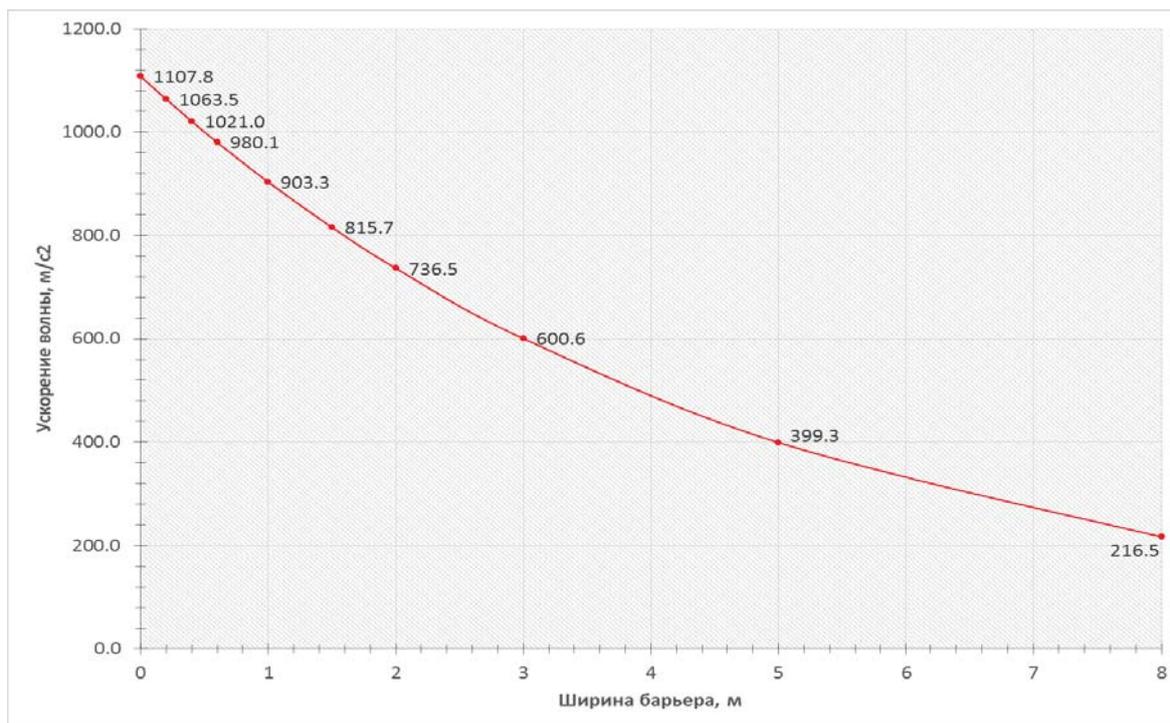


Рис.5 Зависимость ускорения волны от ширины барьера

### Библиография

1. В.М., Бондаренко. *Общий курс геофизических методов разведки*. Москва : Недра, 1986. – 452 с.
2. А.Э., Нафасов. *Сейсмические барьеры для защиты уникальных исторических зданий и сооружений*. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва : б.н., 2012 г., с. 2-16.
3. А.С., Алешин. *Способ защиты зданий и сооружений от вибраций*. Патент от 21 02 2006 г. – 5 с.
4. С.В., Кузнецов. *Барьер для защиты застроенных территорий от поверхностных сейсмических волн*. Патент от 14 04 1989 г. – 3 с.
5. А.В, Русинов. *Экран для защиты зданий, сооружений от сейсмических воздействий*. Патент от 29 06 1990 г. – 4 с.
6. В.Г., Баженов. *Численное моделирование задач взаимодействия сооружений с двухслойным грунтовым основанием при сейсмических воздействиях*. Проблемы прочности и пластичности, №67, 2005 г., с. 8-11.
7. Х.М., Сапарлиев. *Сейсмические барьеры: обзор методов и конструктивных решений*. Сейсмоизоляция и другие инновационные технологии сейсмозащиты, № 7, 2015 г., с. 15-16.
8. В.И., Смирнов. *Современные методы сейсмозащиты сооружений*. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, № 4, 2013 г., с. 2-5.
9. В.В., Орехов. *Некоторые аспекты изучения применения траншейных барьеров для уменьшения энергии поверхностных волн в грунте*. Вестник МГСУ, № 3, 2013 г., с. 1-4.
10. СНиП 2.02.01-83\* *Основания зданий и сооружений*. М., 1987. – 48 с.
11. Demetriu, Sorin. *Time-Frequency Representations of Earthquake Motion Records*. An. St. Univ. Ovidius Constanta, Vol. 11(2), 2003 г., с. 1-8.
12. Л.Д., Гик. *Изменение декремента затухания сейсмических волн при решении задач нефтегазовой сейсморазведки*. Технологии сейсморазведки. ИНГГ СО РАН, Новосибирск, № 3, 2011 г., с. 23-28